

102-105

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-310748

(43)公開日 平成6年(1994)11月4日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 0 1 L 31/042

識別記号  
7376-4M

府内整理番号

F I

技術表示箇所  
R

審査請求 未請求 請求項の数 8 FD (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-328490  
(22)出願日 平成4年(1992)11月12日  
(31)優先権主張番号 特願平4-303070  
(32)優先日 平4(1992)10月14日  
(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000000941  
鐘淵化学工業株式会社  
大阪府大阪市北区中之島3丁目2番4号  
(72)発明者 石川 敦夫  
兵庫県明石市鳥羽363シティコート西明石  
(72)発明者 円藤 俊人  
兵庫県明石市太寺4丁目12-20メロディー<sup>1</sup>  
ハイム太寺101  
(72)発明者 山岸 英雄  
兵庫県神戸市須磨区北落合1-1  
(72)発明者 野田 浩二  
兵庫県神戸市垂水区小東山6丁目11-21  
(74)代理人 弁理士 柳野 隆生

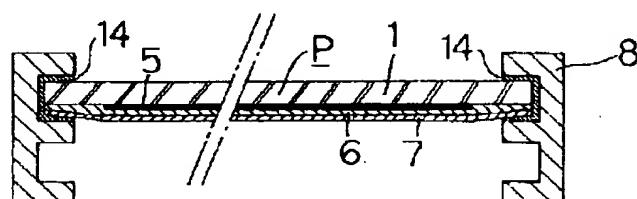
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 太陽電池モジュール

(57)【要約】 (修正有)

【目的】高い信頼性を維持しながら安価に製造可能となる大型の太陽電池モジュールを提供する。

【構成】強化ガラスまたは貼り合わせガラス等の透明基板上に、導電性金属酸化物等の第1の電極層と、非晶質半導体層と、金属等の第2の電極層と、少なくとも絶縁体層6と、主鎖骨格がポリイソブチレンである封止樹脂層7のどちらか一方とが順次積層されていることを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】ガラス基板上に形成された非晶質半導体太陽電池モジュールであって、強化ガラスまたは貼り合わせガラスと、導電性金属酸化物層と、非晶質半導体層と、金属層と、絶縁体層と、封止樹脂層とが順次積層されていることを特徴とする太陽電池モジュール。

【請求項2】ガラス基板上に形成された非晶質半導体太陽電池モジュールであって、強化ガラスまたは貼り合わせガラスと、導電性金属酸化物層と、非晶質半導体層と、金属層と、絶縁体層または封止樹脂層の一方とが順次積層されていることを特徴とする太陽電池モジュール。

【請求項3】前記絶縁体層に酸化珪素を含む層を用いたことを特徴とする、請求項1または2記載の太陽電池モジュール。

【請求項4】前記絶縁体層が $0.01\mu m$ 以上の厚みを有する事を特徴とする、請求項3記載の太陽電池モジュール。

【請求項5】前記封止樹脂層の硬化後における水蒸気透過率が、 $100\mu m$ の層厚において $1 g/m^2 \cdot day$ 以下であることを特徴とする、請求項1または2記載の太陽電池モジュール。

【請求項6】前記封止樹脂層が層厚 $0.05 mm$ 以上のポリイソブチレン系樹脂であることを特徴とする、請求項5記載の太陽電池モジュール。

【請求項7】受光面の面積が $0.1 m^2$ 以上であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の太陽電池モジュール。

【請求項8】透明基板上に、第1の電極層、非晶質半導体層、第2の電極層、封止樹脂層を順次積層することにより形成された太陽電池モジュールにおいて、前記封止樹脂層の主鎖骨格がポリイソブチレンであることを特徴とする太陽電池モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、大型の非晶質半導体太陽電池モジュールに関し、太陽電池全体が簡易な方法で封止でき、しかも強度面で優れている非晶質半導体太陽電池モジュールに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】アモルファシリコンをはじめとする非晶質半導体太陽電池は、結晶半導体太陽電池と比較して基板の選択自由度が高く、ガラス基板や金属基板、樹脂基板等の上に比較的の低温で容易に形成し得るという特徴を有している。このため比較的小型の太陽電池モジュールは、ガラス基板上に導電性金属酸化物層、非晶質半導体層、金属層を形成し、シート状の樹脂を接着剤層を挟んで真空ラミネートによって封止して形成されている。

【0003】一方本発明の対象となる大型の太陽電池モジュールについては、強度面での補強が必要であり、強

化ガラスあるいは合わせガラス上に、ガラス基板上に導電性金属酸化物層、非晶質半導体層、金属層を形成したいわゆる太陽電池サブモジュールを複数枚並べ、電気的な接続を行った後、シート状の樹脂で挟んで封止することにより形成されている。図6には従来技術における大型のアモルファシリコン太陽電池モジュールの一例を、断面構造図として示す。本図の例は、従来から一般的に用いられている、スーパーストレート方式によるものであり、白板強化ガラス1とエチレンビニルアセテートなどの充填材11により、銅箔13などで電気的に接続した複数枚の太陽電池サブモジュール10、10…を封止し、アルミニウム箔サンドイッチ形フッ化ビニルフィルム12などを保護膜として積層したものである。充填材11による太陽電池サブモジュール10の封止は、通常真空ラミネート法が用いられている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、大型の太陽電池モジュールを形成する場合、太陽電池サブモジュールの形成工程の他に、強化ガラス上への太陽電池サブモジュールの配置、電気的接続、真空プロセスによるラミネートなど工数が多いことに加え、ラミネート装置等の高価な真空装置を必要とし、製品単価が上昇してしまうという価格上の問題点と、ラミネート時の充填材中の気泡の混入などの品質上の問題点があった。更には、サブモジュール間に隙間が生じるため、モジュール効率が低下するという特性上の問題点もあった。即ち、従来技術においては、本来低コスト化に有利なアモルファシリコンを用いているにも係わらず、強度上の要請から強化ガラスや貼り合わせガラスにより補強しなければならず、安価な太陽電池モジュールが提供できないというコスト上の欠点、製造工程において充填材中に気泡が混入し、信頼性をも低下させてしまうという品質上の欠点、モジュール効率の低下という性能上の欠点を有していた。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上述の問題点に鑑みて案出されたものであり、大型の非晶質半導体太陽電池モジュールが、高い信頼性を維持しながら安価に製造可能となるものであり、その特徴とするところは、第1の発明においては、ガラス基板上に形成された非晶質半導体太陽電池モジュールであって、強化ガラスまたは貼り合わせガラスと、導電性金属酸化物層と、非晶質半導体層と、金属層と、絶縁体層と、封止樹脂層とが順次積層されたり、強化ガラスまたは貼り合わせガラスと、導電性金属酸化物層と、非晶質半導体層と、金属層と、絶縊体層または封止樹脂層の一方とが順次積層されているところにあり、前記絶縊体層が $0.01\mu m$ 以上の厚みを有する酸化珪素を含む層であることや、前記封止樹脂層の硬化後における水蒸気透過率が、 $100\mu m$ の層厚において $1 g/m^2 \cdot day$ 以下であって、層厚 $0.$

0.5 mm 以上のポリイソブチレン系樹脂であることが併せて考慮される。またこのような課題解決手段は、特に受光面の面積が 0.1 m<sup>2</sup> 以上である太陽電池モジュールに対して有効である。

【0006】また第2の発明の特徴とするところは、透明基板上に、第1の電極層、非晶質半導体層、第2の電極層、封止樹脂層を順次積層することにより形成された太陽電池モジュールにおいて、前記封止樹脂層の主鎖骨格がポリイソブチレンであるところにある。

#### 【0007】

【作用】本発明の太陽電池モジュールは、強化ガラスまたは貼り合わせガラスまたはその他透光性基板上に直接非晶質半導体による太陽電池を形成し、酸化珪素を含む絶縁体層や、主鎖骨格がポリイソブチレンである水蒸気透過率の低い封止樹脂層を設けることにより、裏面を保護するものである。

#### 【0008】

【実施例】以下、本発明を実施例に基づいて説明する。図1は本発明の太陽電池モジュールの一実施例の概略図である。図中1はガラス基板、5は導電性金属酸化物層、非晶質半導体層、金属層を順次積層した太陽電池素子、6は絶縁体層、7は封止樹脂層をそれぞれ示す。導電性金属酸化物層としては従来の太陽電池モジュールと同様に酸化錫や酸化インジウム錫が用いられる。非晶質半導体層としては、アモルファスシリコンが、金属層としては、クロムとアルミニウムの積層構造などが用いられる。

【0009】ガラス基板1としては強化ガラスや貼り合わせガラス、またはその他一般的な透明基板が用いられ、ガラス成分が溶出しないよう、必要に応じて酸化珪素などを被着したものを用いても良い。

【0010】絶縁体層6としては、高温多湿下の条件でも酸素による金属層の腐食を防止するため、酸素透過率が少なくアモルファスシリコンの成膜温度以下の低温で作製できる酸化珪素を用いるのが適しており、膜厚としては 0.01 μm 以上が良く、さらには 0.05 μm 以上が好適である。また作製方法としては、スパッタリング法、抵抗加熱蒸着法、電子ビーム蒸着法、光CVD法、スピンドル法などが用いられるが、これら以外にもディップ法、スプレイ法などの方法が可能であり、0.01 μm 以上の膜厚であれば、酸素透過率として 0.01 (cc · mm/m<sup>2</sup> · day · atm) 程度となり、期待する遮蔽効果が得られる。一方 1 μm 以上の膜厚では、膜厚の増加に対して酸素透過率が飽和してしまうため、この膜厚以下に設定すれば充分である。また本絶縁体層は、太陽電池素子が形成された後に成膜されるため、成膜温度としては太陽電池の作製温度以下である 200°C 以下が良く、さらには 150°C 以下が好適である。

【0011】封止樹脂層7としては、本出願人によって

特開平3-140316号に示された、ポリイソブチレン系樹脂が用いられる。これについても前記絶縁体層6と同様に、高温多湿下の条件でも金属層の腐食を防止するためあり、水蒸気の遮蔽効果を有するものである。この封止樹脂層7の水蒸気透過率は 200 μm の膜厚において 0.1 (g/m<sup>2</sup> · day) 程度であり、膜厚としては、0.05 mm 以上が良く、さらには 0.1 mm 以上 1.0 mm 以下が好適である。またシリカ、二酸化チタン、カーボンブラック、タルク等の充填剤を添加することも可能である。

【0012】以下、第1発明の実施例についてさらに詳細に説明するが、本発明はこれら実施例により、何ら制限されるものではない。

【0013】【実施例1】図2(a)において厚さ 3.2 mm、440 mm × 150 mm の大きさの熱風冷強化を行って作製した強化ガラス1上に、熱CVD法により導電性酸化物層として酸化錫層2を約 500 nm 形成した後、同図(b)に示す如く、波長 1.06 μm のYAGレーザーの基本波を用いて、単位素子の幅が 1 cm となるように電気的に分離した。この時の隣接する酸化錫層間の抵抗値としては、いづれも 1 MΩ 以上であった。その後純水で超音波洗浄を行い、同図(c)に示す如く酸化錫層2が被着された面側に、基板温度 200°C、反応圧力 0.5 ~ 1.0 Torr にてモノシラン、メタン、ジボランからなる混合ガス、モノシラン、水素からなる混合ガス、モノシラン、ホスフィン、水素からなる混合ガスをこの順に容量結合型グロー放電分解装置内で分解することにより、非晶質半導体層3として、p型非晶質シリコン半導体層、i型非晶質シリコン半導体層、およびn型微結晶シリコン半導体層をそれぞれの膜厚が 15 nm、45 nm、300 nm となるように形成した。冷却後酸化錫層の分離部分より 50 μm ずらして、図3(d)に示す如く p-i-n 非晶質シリコン半導体層3を、酸化錫層2にダメージがないように、波長 0.53 μm のYAGレーザーの第2高調波を用いて分離した。その後電子ビーム蒸着により、同図(e)に示す如く、金属層としてアルミニウムを 250 nm の膜厚に形成して裏面電極4とした。試料を蒸着装置から取り出した後、同図(f)に示す如く、非晶質シリコン半導体層の分離部分よりさらに 50 μm ずらして、非晶質シリコン半導体層3と酸化錫層2にダメージがないように、裏面電極層4を波長 0.53 μm のYAGレーザーの第2高調波を用いて除去し、集積型非晶質シリコン太陽電池を作製した。これらのレーザースクラップによる分離幅は、酸化錫層、非晶質シリコン半導体層、裏面電極層でそれぞれ約 50、150、150 μm であった。

【0014】このようにして得られた太陽電池を、エアマスク 1.5、100 mw/cm<sup>2</sup> の擬似太陽光の照射下で測定したところ、約 4 W の出力が確認された。この太陽電池の裏面電極4に、耐熱ポリエステルテープを用い

てリード線取り出し部のみをマスキングし、酸化珪素をターゲットとしてスパッタリングを行い、絶縁体層6を形成した。スパッタリング条件としては、交流スパッタリング方式で13.56MHz、基板温度は室温であり、反応圧は1.2torr、アルゴンガス流量は20sccm、投入パワーは100wであり、5分の成膜時間で、40nmの膜厚を得た。さらにポリイソブチレンを主剤とする樹脂層を塗布形成し、130°Cで約2時間熱硬化後、膜厚200μmの封止樹脂層7を得た。電極取り出し部の樹脂を取り除いた後、半田によってリード線を取り出し、樹脂を除去した部分にポリイソブチレンを更に塗布し、130°Cで2時間熱硬化を行った。冷却後、このようにして作製した太陽電池パネルPの端面を、ブチルゴム系の接着剤14を用いてアルミニウムのフレーム8に嵌着固定し、図1に示す如き太陽電池モジュールを完成させた。この太陽電池モジュールを、エアマス1.5、100mw/cm<sup>2</sup>の疑似太陽光の照射下で測定したところ、4Wの出力が得られ、スパッタリング法による蒸着粒子のポンバードメントによる裏面電極4の特性劣化が当初考えられたが、上記条件においては、特性劣化がみられず、スパッタリング並びにポリイソブチレン系樹脂の塗布によるプロセスでの特性劣化は認められなかった。

【0015】[実施例2] 実施例1と同様に、厚さ3.2mm、基板サイズ440×150mmの太陽電池を作製し、更に絶縁体層として酸化珪素膜を、スパッタリング法により成膜した。この後マスキングに用いたポリエステルテープを取り除き、半田によってリード線を取り出し、この後ポリイソブチレンをリード線取り出し部周辺の酸化珪素被膜のない部分に塗布し、130°Cで約2時間熱硬化させた。冷却後、このようにして作製した太陽電池パネルの端面を、ブチルゴム系の接着剤を用いてアルミニウムのフレームに嵌着固定し、太陽電池モジュールを完成させた。この太陽電池モジュールをエアマス1.5、100mw/cm<sup>2</sup>の疑似太陽光下で測定したところ、4Wの出力が得られた。

【0016】[実施例3] 実施例1と同様に、厚さ3.2mm、基板サイズ440×150mmの太陽電池を作製し、更に絶縁体層として酸化珪素膜を、EB蒸着機を用いて酸素雰囲気中で50nmの膜厚に成膜した。この後ポリイソブチレンを主剤とする樹脂層を塗布形成し、130°Cで約2時間熱硬化後、膜厚200μmの封止樹脂層を得た。電極取り出し部の樹脂を取り除いた後、半田によってリード線を取り出し、樹脂を除去した部分にポリイソブチレンを更に塗布し、130°Cで2時間熱硬化を行った。冷却後、このようにして作製した太陽電池パネルの端面を、ブチルゴム系の接着剤を用いてアルミニウムのフレームに嵌着固定し、太陽電池モジュールを完成させた。この太陽電池モジュールをエアマス1.5、100mw/cm<sup>2</sup>の疑似太陽光下で測定したところ、4Wの出力が得られた。

ろ、4Wの出力が得られた。

【0017】[比較例1] また5インチ×6インチのガラス基板上に、上記実施例1と同一方法により裏面電極までを形成した太陽電池素子10を、実施例1と同様の強化ガラス1上に、厚み600μmのエチレンビニルアセテート(EVA)フィルム11、太陽電池素子10、同EVAフィルム11、アルミニウム箔をサンドイッチしたポリフッ化ビニル樹脂(PVF)フィルム(PVF38μm/アルミニウム箔30μm/PVF38μm)12の順に積層し、ラミネート法を用いて真空中で加熱するとともに架橋処理を行い、出力リード線を基板の外部に取り出し、太陽電池パネルPとした。このようにして作製した太陽電池パネルPの端面を、ブチルゴム系の接着剤14を用いてアルミニウムのフレーム8に嵌着固定し、太陽電池素子間を銅箔で接続していないこと以外は、図6に従来例として示したものと同一構造の太陽電池モジュールを完成させた。

【0018】また、上記3つの実施例において基板サイズを5インチ×6インチ、強化ガラスの厚みを1.1mmとした太陽電池モジュールを、各実施例につきそれぞれ5個ずつ作製した。この太陽電池モジュールの信頼性を評価するために、槽内温度127°C、槽内圧力2気圧、相対湿度85%R.H.としたプレッシャークッカー試験を500時間行った。図4には本試験500時間後における最大出力を、初期値で規格化したものの度数分布を示している。図中縦軸は本試験に供した太陽電池モジュールの個数を、横軸に示すη/η<sub>0</sub>は太陽電池モジュールの初期変換効率に対する、試験後の変換効率をそれぞれ表している。また図5には、本試験500時間までの平均変換効率の変化を、初期値で規格化したものと示している。

【0019】図4、図5により明らかなように、本発明の太陽電池モジュールにおいては、電子部品に対して極めて過酷なプレッシャークッカー試験においても、実施例2において若干の出力低下が見られるものの、500時間後における出力の劣化は殆ど問題なく、従来技術に比べて信頼性の向上していることがわかる。実施例2に見られる出力の低下も、試験条件を考慮すると実際の屋外暴露では大きな劣化には至らないと考えられる。

【0020】上述の実施例では、絶縁体層と封止樹脂層を両方用いたものと、絶縁体層のみを用いたものを示したが、封止樹脂層のみとすることもできる。

【0021】さらに第2の発明についても、具体的な実施例に基づいて、以下にその詳細を説明する。図2(a)と同様に厚さ3.2mm、440mm×150mmの大きさの青板ガラス上に、熱CVD法により第1の電極層として酸化錫層を約500nm形成した後、図2(b)と同様に、波長1.06μmのYAGレーザーの基本波を用いて、単位素子の幅が1cmとなるように電気的に分離した。この時の隣接する酸化錫層間の抵抗値として

は、いづれも  $1 M\Omega$  以上であった。その後純水で超音波洗浄を行い、図2(c)と同様に酸化錫層が被着された面側に、基板温度  $200^{\circ}\text{C}$ 、反応圧力  $0.5 \sim 1.0 \text{ Torr}$  にてモノシラン、メタン、ジボランからなる混合ガス、モノシラン、水素からなる混合ガス、モノシラン、ホスフィン、水素からなる混合ガスをこの順に容量結合型グロー放電分解装置内で分解することにより、非晶質半導体層として、p型非晶質シリコン半導体層、i型非晶質シリコン半導体層、およびn型微結晶シリコン半導体層をそれぞれの膜厚が  $15 \text{ nm}$ 、 $450 \text{ nm}$ 、 $300 \text{ nm}$  となるように形成した。冷却後酸化錫層の分離部分より  $50 \mu\text{m}$  ずらして、図3(d)と同様に p-i-n 非晶質シリコン半導体層を、酸化錫層にダメージがないように、波長  $0.53 \mu\text{m}$  のYAGレーザーの第2高調波を用いて分離した。その後電子ビーム蒸着により、図3(e)と同様に、第2の電極層としてアルミニウムを  $250 \text{ nm}$  の膜厚に形成して裏面電極とした。試料を蒸着装置から取り出した後、図3(f)と同様に、非晶質シリコン半導体層の分離部分よりさらに  $50 \mu\text{m}$  ずらして、非晶質シリコン半導体層と酸化錫層にダメージがないように、裏面電極層を波長  $0.53 \mu\text{m}$  のYAGレーザーの第2高調波を用いて除去し、集積型非晶質シリコン太陽電池を作製した。これらのレーザースクラップによる分離幅は、酸化錫層、非晶質シリコン半導体層、裏面電極層でそれぞれ約  $50$ 、 $150$ 、 $150 \mu\text{m}$  であった。

【0022】このようにして得られた太陽電池を、エアマス  $1.5$ 、 $100 \text{ mw/cm}^2$  の擬似太陽光の照射下で測定したところ、約  $4 \text{ W}$  の出力が確認された。この太陽電池の裏面電極上に主鎖骨格がポリイソブチレンである樹脂層を塗布形成し、 $130^{\circ}\text{C}$  で約 2 時間熱硬化後、膜厚  $200 \mu\text{m}$  の封止樹脂層を得た。電極取り出し部の樹脂を取り除いた後、半田によってリード線を取り出し、樹脂を除去した部分に前記ポリイソブチレン樹脂を更に塗布し、 $130^{\circ}\text{C}$  で 2 時間熱硬化を行った。冷却後、このようにして作製した太陽電池パネルの端面を、ブチルゴム系の接着剤を用いてアルミニウムのフレームに嵌着固定し、図1に示す如き太陽電池モジュールを完成させた。この太陽電池モジュールを、エアマス  $1.5$ 、 $100 \text{ mw/cm}^2$  の疑似太陽光の照射下で測定したところ、 $4 \text{ W}$  の出力が得られ、ポリイソブチレン樹脂の塗布によるプロセスでの特性劣化は認められなかつた。

【0023】上述の第2の発明は、前述の第1の発明における実施例1として示した例の基板を青板ガラスとし、加えて裏面をポリイソブチレン樹脂のみで被覆したものであるが、第1の発明と同様、信頼性を評価するため槽内温度  $127^{\circ}\text{C}$ 、槽内圧力 2 気圧、相対湿度 85% R. H. としたプレッシャークッカー試験を 500 時間行ったが出力の低下は見られず、第1の発明における実

施例1と全く同様の経時変化となった。

#### 【0024】

【発明の効果】以上のように本発明においては、強化ガラスや貼り合わせガラス、またはその他の透光性基板の上に直接非晶質の太陽電池を形成したことにより、従来のように複数のサブモジュールを並べる必要がなくなり、安価でモジュール効率の高い太陽電池モジュールが実現できる。また、従来のエチレンビニルアセテートなどの充填材に代わり、酸化珪素を含む絶縁体層や、水蒸気透過率の低い主鎖骨格がポリイソブチレンである封止樹脂層を用いたことにより、従来見られた充填材中の気泡の混入等、品質上の問題点が無くなるとともに、酸素や水蒸気の遮蔽効果が向上した結果、極めて信頼性に優れた非晶質太陽電池モジュールを実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における太陽電池モジュールの断面構造を表す説明図

【図2】アモルファスシリコン太陽電池素子の製造工程を表す説明図で(a)は導電性金属酸化物層の成膜後、(b)は導電性金属酸化物層の分離後、(c)は非晶質半導体層の成膜後をそれぞれ表している

【図3】アモルファスシリコン太陽電池素子の製造工程を表す説明図で(d)は非晶質半導体層の分離後、(e)は金属層の成膜後、(f)は金属層の分離後をそれぞれ表している

【図4】本発明の実施例および比較例における太陽電池モジュールに、プレッシャークッカー試験を行った場合の、試験前後の特性変化をヒストグラムにより表した説明図

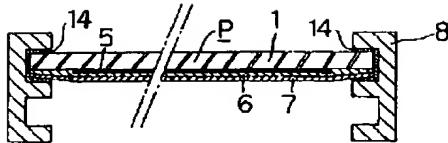
【図5】本発明の実施例および比較例における太陽電池モジュールに、プレッシャークッカー試験を行った場合の特性変化をグラフにより表した説明図

【図6】従来技術における太陽電池モジュールの断面構造を表す説明図

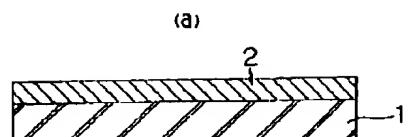
#### 【符号の説明】

- 1 強化ガラス、青板ガラス
- 2 酸化錫層
- 3 アモルファスシリコン層
- 4 裏面電極層
- 5 強化ガラス上に形成した太陽電池
- 6 絶縁体層
- 7 封止樹脂層
- 8 フレーム
- 10 太陽電池サブモジュール
- 11 充填材
- 12 フッ化ビニルフィルム
- 13 銅箔
- 14 ブチルゴム系接着剤
- P 太陽電池パネル

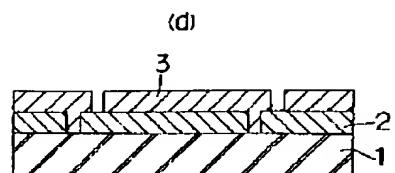
【図1】



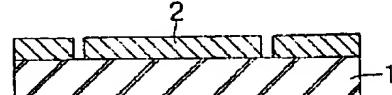
【図2】



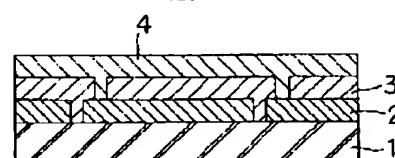
【図3】



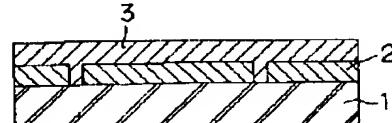
(b)



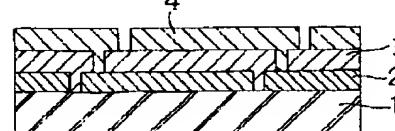
(e)



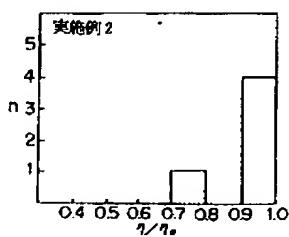
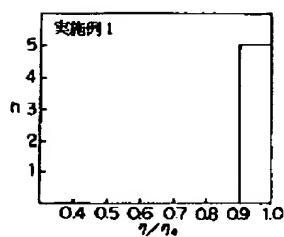
(c)



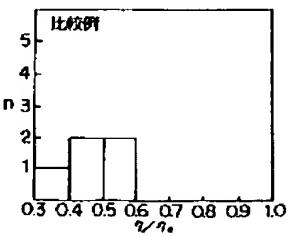
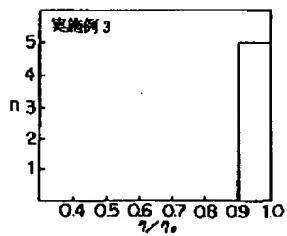
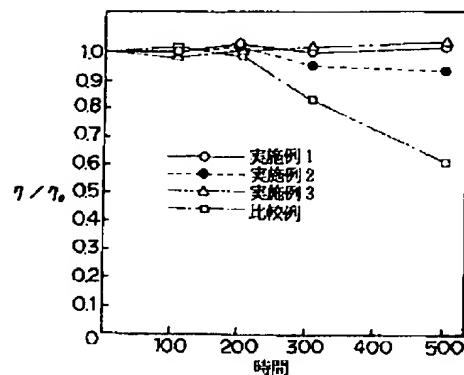
(f)



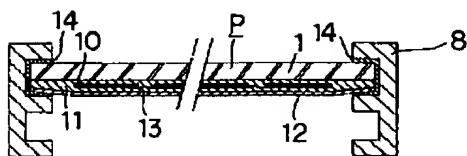
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72) 発明者 石動 正和  
京都府京都市北区小山堀池町28-16

(72) 発明者 泉名 政信  
埼玉県大宮市堀の内町1-60-1